

실의 동특성과 에너지 절감률 분석

Assessment of energy saving potentials in terms of room's thermal characteristics using building simulation

○강 지 은* 김 덕 우** 슷제 토스텐*** 박 철 수****
Kang, Ji-Eun Kim, Deuk-Woo Schuetze, Thorsten Park, Cheol-Soo

Abstract

For realization of Zero Emission Building, this study quantifies energy saving potentials of several technologies using building energy simulation. Active controls of ventilation, blinds, and lighting were applied to the simulation model of a school building to be constructed. The energy saving potentials of each zone were assessed in terms of orientation, space usage, window-to-wall ratio, outdoor air requirement, and climate. This paper addresses that the energy saving potentials of different rooms significantly vary depending on rooms' thermal characteristics, e.g. window-wall ratio, internal heat gain, fresh air requirement, and orientation. Thus, great care should be taken for selection of proper energy saving technologies and control.

키워드 : 제로 배출 건물, 에너지 요구량 저감, 에너지 시뮬레이션

Keywords : Zero Emission Building, Energy Demand Reduction, energy simulation

1. 서 론

Zero Emission Building(ZEB)의 구현을 위해서는 건물의 에너지 사용량 최소화, 신재생 에너지 생산, 친환경적인 자재 활용, 옥내의 녹화 등이 필요하다. 현재 저자들이 진행 중인 ZEB 관련 연구 과제에서 ZEB 구현을 위해 설정한 단계별 연구 계획 및 적용 방안들은 그림1과 같다. 건물의 에너지 사용량 최소화 방안은 패시브 방법과 액티브 방법, Zero Energy Building을 위한 방안은 태양광 및 풍력 발전을 통한 에너지 생산, 마지막으로 ZEB의 구현 단계에서 이산화탄소 배출의 제로화를 위한 옥내의 녹화 기법 적용 등으로 구성된다.

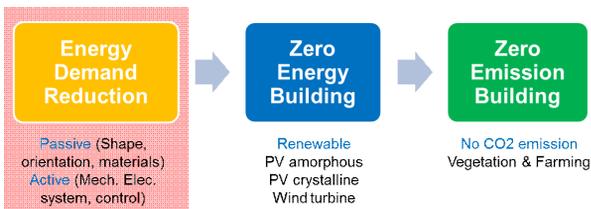


그림 1. ZEB 구현을 위한 단계별 적용 방안

본 논문은 ZEB의 구현을 위한 기초 연구로서, 건물 에너지 시뮬레이션(시뮬레이션)을 이용하여 건물의 에너지 사용량을 사전에 예측하고 이를 최소화 하는 제어 방안들을 비교·분석하고자 한다. 이 연구를 통해 같은 건물 내에서라도 실의 특성(용도, 향, 창면적비 등)에 따라 에너지 절감 기술과 제어가 상이하게 적용되어야 함을 제시한다.

* 성균관대 U-City공학과 석사과정

** 성균관대 대학원 박사과정

*** 성균관대 U-City공학과 부교수

**** 성균관대 U-City공학과 부교수

(교신저자 : cheolspark@skku.edu)

This work was supported by funding received from the KORANET Joint Call on Green technologies. www.koranet.eu

2. 대상 건물 및 시뮬레이션 모델

본 연구 과제에서 선정된 대상 건물은 경기도 용인시에 건설 예정인 OO학교이며, 정규 교육 뿐만 아니라 친환경 교육프로그램의 제공을 목표로 한다. 시뮬레이션 모델은 DesignBuilder 3.0 및 EnergyPlus 7.0을 이용하여 작성되었다(그림 2, 표 1). 본 건물의 설계 도서에서 시뮬레이션에 필수적인 재료 및 설비 시스템의 상세(예, 열적 물성치, 성능계수, 운영 스케줄 등)가 확정되거나 기술되지 않은 부분은 담당자와의 인터뷰 및 관련 문헌(ASHRAE, 2009; EnergyPlus, 2012; DesignBuilder, 2013)을 참조하였다.



그림 2. 시뮬레이션 모델 및 향별 실의 위치 (교실: 빨강, 사무실: 파랑색) (1층: 동·서측 사무실, 2층: 교실, 3층: 남·북측 사무실)

표 1. 대상 건물의 건축 개요

항목	내용
대지 위치 / 면적	경기도 용인시 수지구 / 6,022m ²
건물 용도	교육시설
층수 / 구조	지하 2층, 지상 4층 / 철근콘크리트구조
면적	건축면적 1,995.90m ² , 연면적: 7,963.44m ²
주요 외장재	3중 로이유리, 외벽 단열(단열재 150mm)
냉난방설비	EHP 천장형

지하층의 특수교과 교실, 지상층 교실 및 사무공간 등에 따라 열적 존을 구성하였으며, 총 73개로 설정되었다. 기상데이터는 용인시 데이터의 부재로 서울시의 2012년 데이터를 적용하였다.

그림 1의 패시브 방법 중, 건물의 향과 형상의 변화는 이미 설계가 완료된 시점이어서 변경이 허용되지 않았다. 벽체와 창호의 경우, 최우수 수준으로 이미 설계가 완료

된 상태였다 (창호: 3중 로이유리, 1.008W/m²·K, 태양열 취득계수: 0.442, 외벽 단열: 단열재 두께 150mm).

따라서 본 연구에서는 적용 가능한 액티브 방법으로써 아래와 같이 4가지 방식을 선정하였으며, 각 실별, 계절별 절감 가능성을 조사하였다.

- 환기: 전열 열교환기 적용하여 CO₂ 기반 제어
 - 실내 CO₂ 농도: 1,000ppm 이하로 유지
 - 열교환기 효율: 현열 0.7 및 잠열 0.65
- 차양: 외부 블라인드 슬랫 각도 제어
 - 냉방시: 블라인드 완전히 내려 와서 일사 차단
 - 난방시: 블라인드 완전히 상승하여 일사 유입
- 조명: 3단계 디밍 제어
 - 기준 조도: 400 룩스
 - 400/3, 400*2/3, 400의 단계마다 디밍 실시
- 통합: (환기 + 차양 + 조명)의 통합 제어

3. 시뮬레이션 결과

건물 전체와 실의 대표 용도(교실, 사무실), 향(동, 서, 남, 북) 및 계절(동절기 1월, 간절기 5월, 하절기 8월; 각 5일간)에 따른 에너지 사용량 및 기본 모델 대비 에너지 절감률(%)은 표2~표4와 같다.

건물 전체를 대상으로 한 결과(표2)에 따르면, 환기 제어는 1월에는 매우 유리하나(전열교환 때문, 35.8%), 외기 냉방이 요구되는 5월에는 전열교환보다는 외기냉방이 더 유리하며(-2.1%), 8월에는 전열교환 효과가 크지 않았다. 본 건물의 경우, 고단열 외벽과 3중 로이유리를 적용한 까닭에 1월의 조명 및 차양 제어 효과는 크지 않은 반면, 일사에 의한 냉방부하 저감을 필요로 하는 5월과 8월에는 조명 및 차양 제어가 매우 유리하였다.

표 2. 건물 전체 시뮬레이션 결과와 절감률 (기본 대비)

건물 전체	기본		환기 제어		차양 제어		조명 제어		통합 제어	
	kWh	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	
1월	4,240	2,724	35.8	4,214	0.6	3,795	10.5	2,187	48.4	
5월	5,705	5,822	-2.1	4,300	24.6	4,264	25.3	3,562	37.6	
8월	7,217	7,121	1.3	5,642	21.8	5,741	20.5	4,739	34.3	

교실의 에너지 절감률(표3)에서 환기 제어는 1월에 유리하고 차양과 조명 제어는 5, 8월에 유리하며, 그 이유는 전술한 바와 같다. 서향과 남향의 교실을 비교하면, 전체 절감률에서 차이를 보인다 (50.9% 대비 67.0%). 이는 창면적비(26%, 47%, 표 3참조)와 향에 기인한 것으로 판단된다. 동향과 남향 교실의 창면적비가 유사한 것을 볼 때, 남향 교실의 에너지 절감률이 다른 향에 비해 더 높은 것을 알 수 있다.

사무실의 에너지 절감률(표4)은 교실에 비해 재실밀도가 낮아 실내 이산화탄소 발생량이 적으므로 환기량이 줄어들어 환기 제어에 의한 1월의 절감률이 크지 않았다 (6.5%). 서측 사무실은 적은 창면적비와 상층부의 외부 데크로 인한 일사 차단으로 인해 5월과 8월에도 차양 및

조명 제어 효과가 적었다. 남측 사무실은 향 및 높은 창면적비로 인해 5월과 8월에 차양 제어 효과가 매우 큰 반면, 1월은 높은 일사 취득으로 실온도가 난방이 불필요할 정도로 상승함으로써 환기 제어보다는 외기냉방이 유리한 것으로 나타났다.

표 3. 교실 시뮬레이션 결과와 절감률 (기본 대비)

향	WWR	월	기본		환기 제어		차양 제어		조명 제어		통합 제어	
			kWh	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	
동	23%	1월	84	45	46.0	85	-1.2	78	7.2	36	56.9	
		5월	128	130	-1.3	102	20.6	89	30.8	92	28.7	
		8월	172	167	2.9	145	15.9	129	24.9	130	24.4	
서	47%	1월	96	53	44.8	96	-0.3	91	5.0	47	50.9	
		5월	161	163	-1.1	104	35.4	116	27.8	92	43.2	
		8월	212	206	2.9	149	29.8	166	21.8	131	38.4	
남	26%	1월	74	42	43.4	74	-0.8	61	17.5	24	67.0	
		5월	114	115	-1.4	91	19.8	81	28.6	81	28.8	
		8월	162	157	2.8	135	16.7	130	19.4	118	26.9	
북	20%	1월	111	57	48.1	112	-1.0	103	6.8	48	56.5	
		5월	154	156	-1.2	125	18.9	99	35.6	113	26.6	
		8월	209	202	3.4	179	14.7	153	26.9	162	22.8	

표 4. 사무실 시뮬레이션 결과와 절감률 (기본 대비)

향	WWR	월	기본		환기 제어		차양 제어		조명 제어		통합 제어	
			kWh	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	
동	12%	1월	82	77	6.1	82	0.9	82	0.4	78	5.6	
		5월	71	72	-1.3	59	17.7	52	27.3	55	23.3	
		8월	85	86	-0.8	72	15.7	64	24.5	69	18.9	
서	13%	1월	80	68	15.1	79	0.7	80	0.0	75	6.5	
		5월	100	101	-0.9	92	8.3	92	8.6	87	13.0	
		8월	124	123	1.0	114	7.9	113	8.7	109	12.6	
남	100%	1월	26	28	-9.1	26	0.9	17	35.7	19	27.1	
		5월	150	151	-0.6	81	45.9	129	13.9	75	49.9	
		8월	181	181	-0.4	101	44.3	159	11.8	95	47.3	
북	14%	1월	50	42	15.9	49	1.2	49	2.7	43	14.6	
		5월	74	75	-1.2	61	17.0	54	26.6	55	25.1	
		8월	86	88	-2.1	73	14.8	66	23.3	69	20.0	

4. 결 론

본 연구에서는 대상 학교 건물에 환기, 차양, 조명 제어의 적용시 발생하는 에너지 절감 효과를 시뮬레이션을 이용하여 분석하였다. 같은 건물 이라 할지라도 에너지 절감율은 실별로, 계절별로 큰 차이를 보였으며, 에너지 절감 기법의 효과(환기, 차양, 조명)도 계절별로, 실의 동특성 별로 큰 차이를 보였다. 이를 통해, 건물 전체 단위의 제어보다, 실별 열적 특성(창호, 실내 발열, 인체 수에 비례하는 환기 요구량), 향 및 실내외 엔탈피 차이를 동적으로 고려한 실별로 독립된 개별 제어와 에너지 운영이 필수적임을 알 수 있다.

참고문헌

1. ASHRAE, ASHRAE Handbook Fundamentals, 2009
2. EnergyPlus, Input Output Reference, 2012
3. DesignBuilder, <http://www.designbuilder.co.uk>